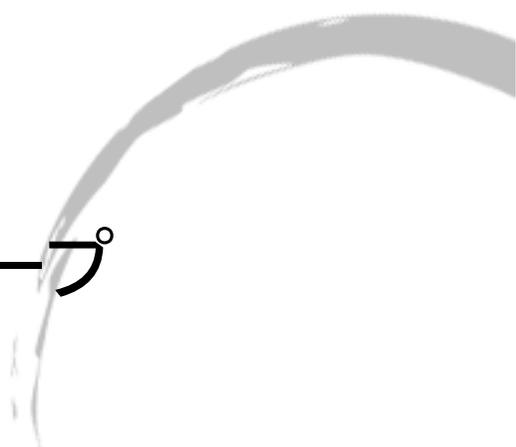




# 加速器グループ 研究室紹介

2008/06/14

草野智則、他加速器グループ



# 素粒子実験とは

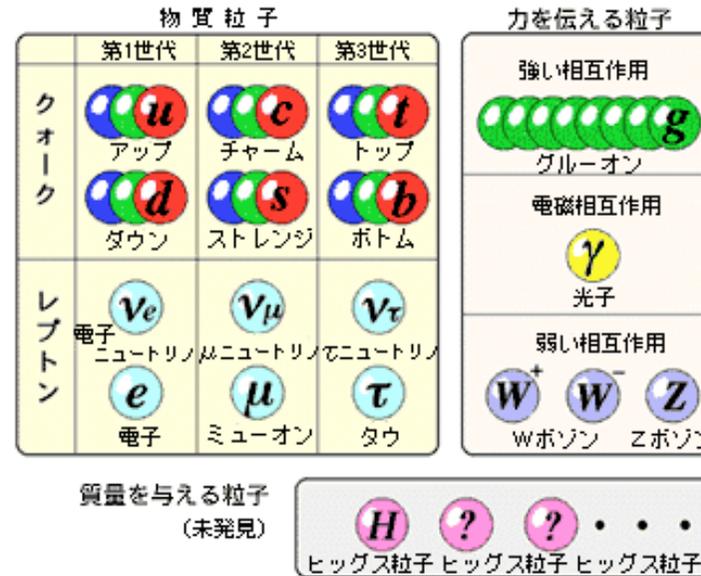
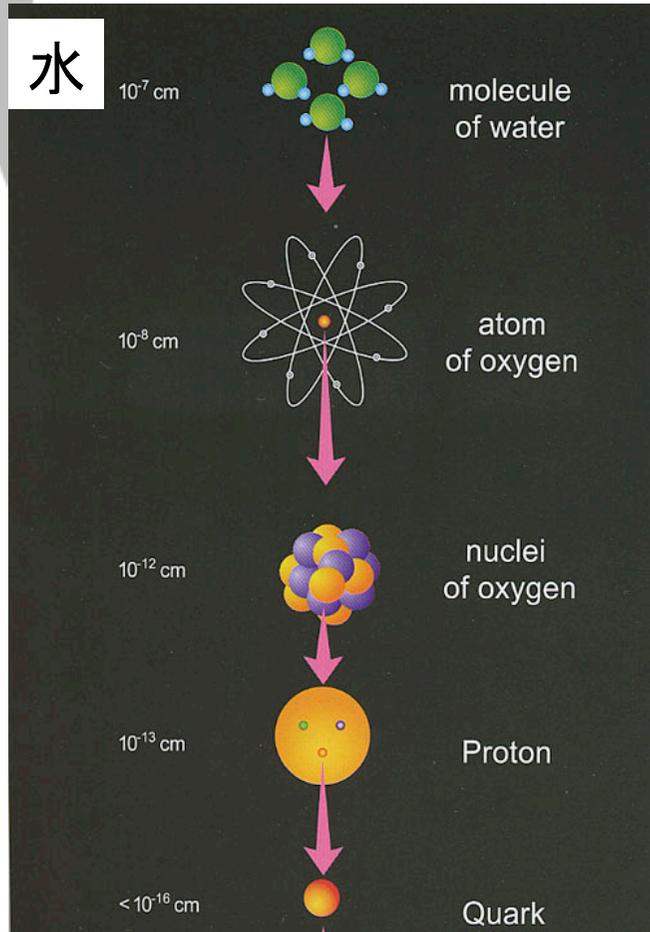


図1 現在の素粒子像「標準模型」の世界

陽子  $\rightarrow uud$

- 素粒子の世界の物理法則を実験によって直接解き明かす

# 現在の素粒子物理の謎

- なぜ宇宙は物質ばかりで反物質がないのか

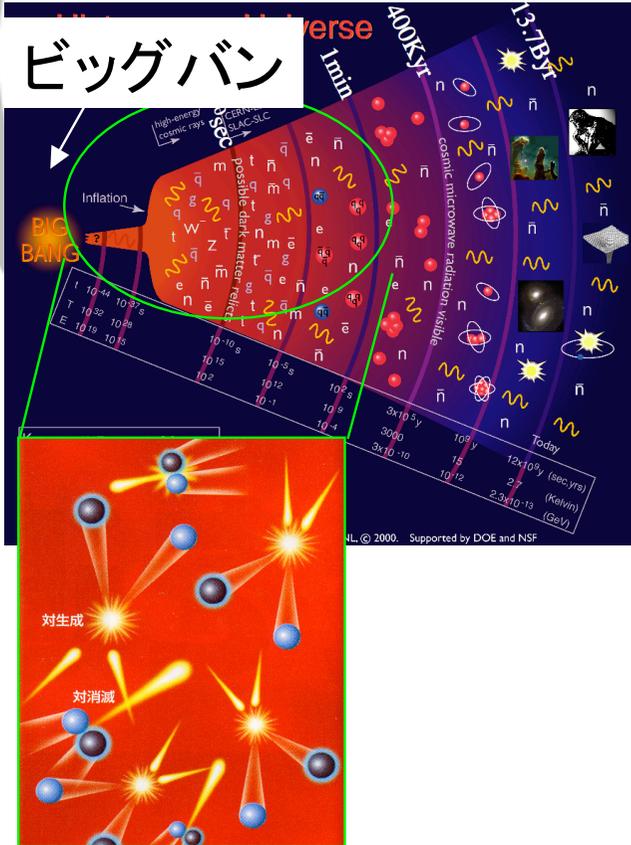
→Belle実験

- 標準理論の要、質量の起源を説明する  
ヒッグス粒子が未発見
- ダークマターの候補がない
- 階層性の問題
- 力の統一  
→新しい理論？ →ILC



# Belle実験

# 物質と反物質の非対称性



反物質: 物質とほぼ同じ性質を持つが電荷が逆  
物質と一対一で生成、消滅

電子 $e^-$   $\leftrightarrow$  陽電子 $e^+$

宇宙の誕生、ビッグバンでは物質と反物質が対生成で同量作られると考えられている

→でもそのままでは  
すぐ対消滅して、物質も反物質もなくなる。

→物質と反物質は1対1で存在するはず。

しかし、現在の宇宙は、ほとんど物質でできている。

→ 反物質はどこへ？

# CKM機構とB中間子

- 物質と反物質の非対称性  
→ CP非保存
- 小林・益川理論  
→ クォーク混合がおこると  
CP非保存を説明できる

	第1世代	第2世代	第3世代
クォーク	アップ	チャーム	トップ
クォーク	ダウン	ストレンジ	ボトム

CP非保存を見つけるは  
B中間子を大量に作る

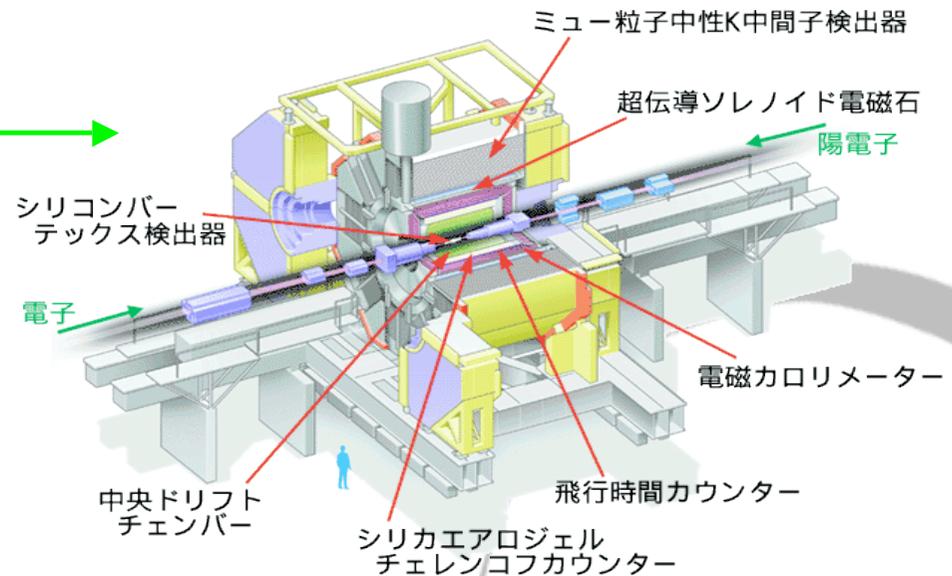
## B中間子



ボトムクォークを含む  
B中間子は、  
CPの破れが大きい

# Belle実験

KEKB：茨城県つくば市にある世界最高強度の電子陽電子型加速器(B中間子を一日130万個)



CP非対称性を探るために必要な大量のB中間子  
反応を精密にとらえられる検出器 →世界最高精度の物理

# Belleまとめ

- CP非対称性の研究  
標準理論の検証、標準理論を超える  
新しい理論の探索、宇宙誕生の謎の解明  
につながる。
- 世界最高(現時点)の実験施設、KEKBで得られたデータから、**世界最高精度の物理**を直接解析できる。
- CP以外にも豊富なデータ
- 国内外、数多くの研究機関と共同で研究



# 現在の素粒子物理の謎

- 物質、反物質の非対称性 → Belle実験
- 標準理論の要、質量の起源を説明する  
ヒッグス粒子が未発見
- ダークマターの候補がない
- 階層性の問題
- 力の統一  
→ 新しい理論？  
  
→ ILC



# ILC計画



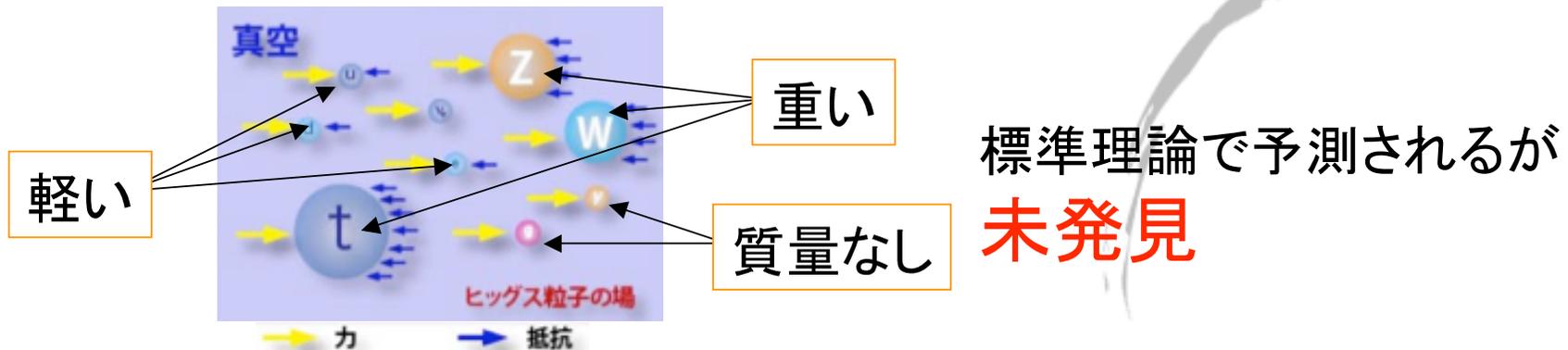
# ヒッグス粒子

- ゲージ理論によると、ビッグバン直後では粒子は全て質量がゼロでなければいけない。

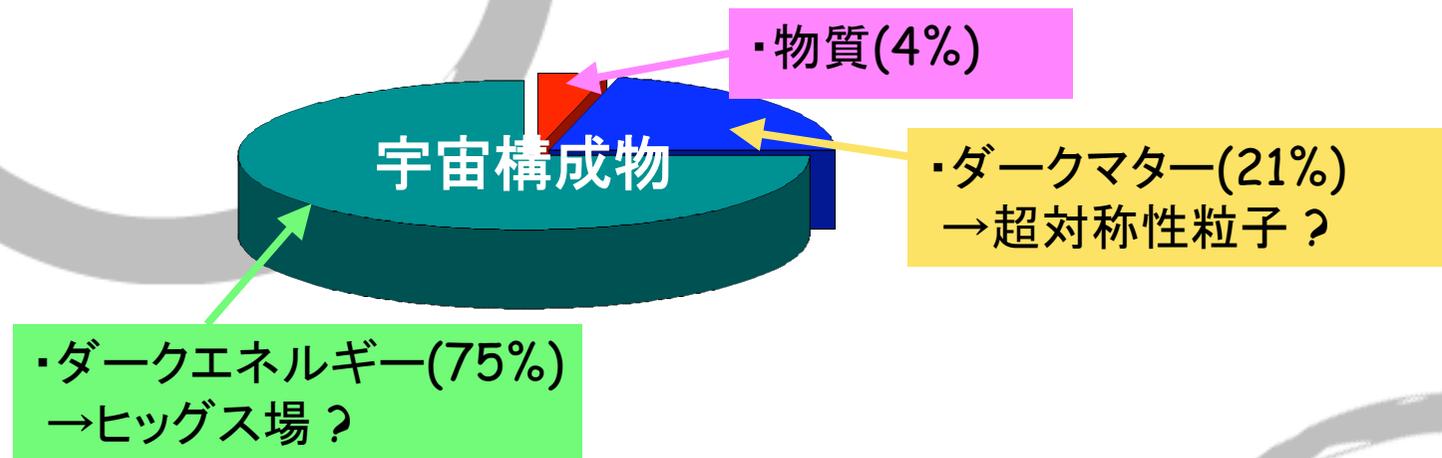
→ 現在の粒子に質量があるのはなぜか？

→ ヒッグス粒子が宇宙全体を満たしていると考える。  
この状態が真空。

→ 物質は、ヒッグス粒子と反応することによって、  
質量が与えられる。



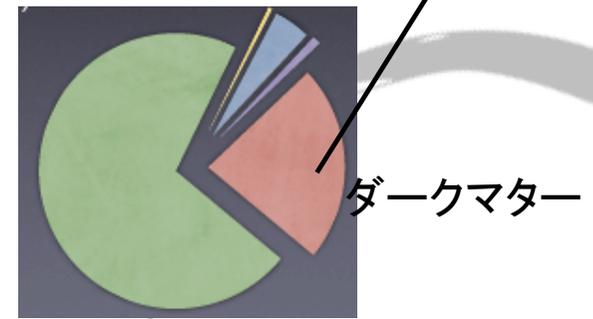
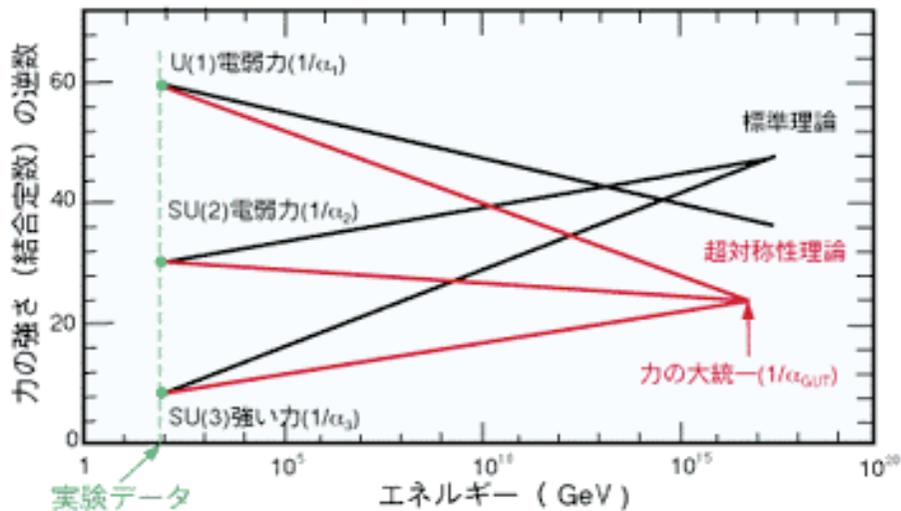
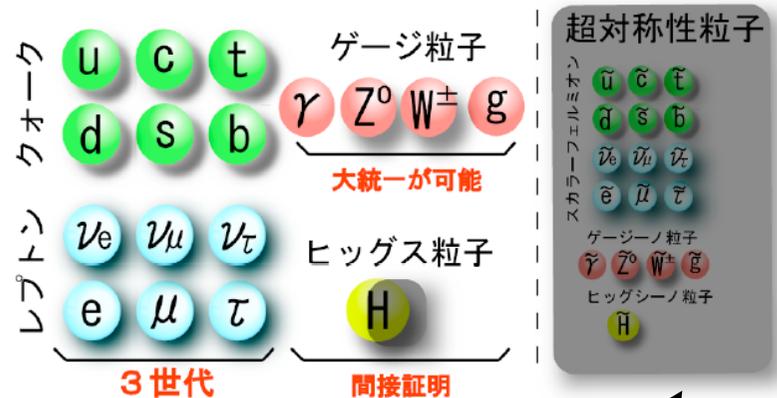
# 宇宙の構成



宇宙の構成の96%は正体不明のダークマター、ダークエネルギー  
これらは標準理論では説明できない

# 超対称性理論

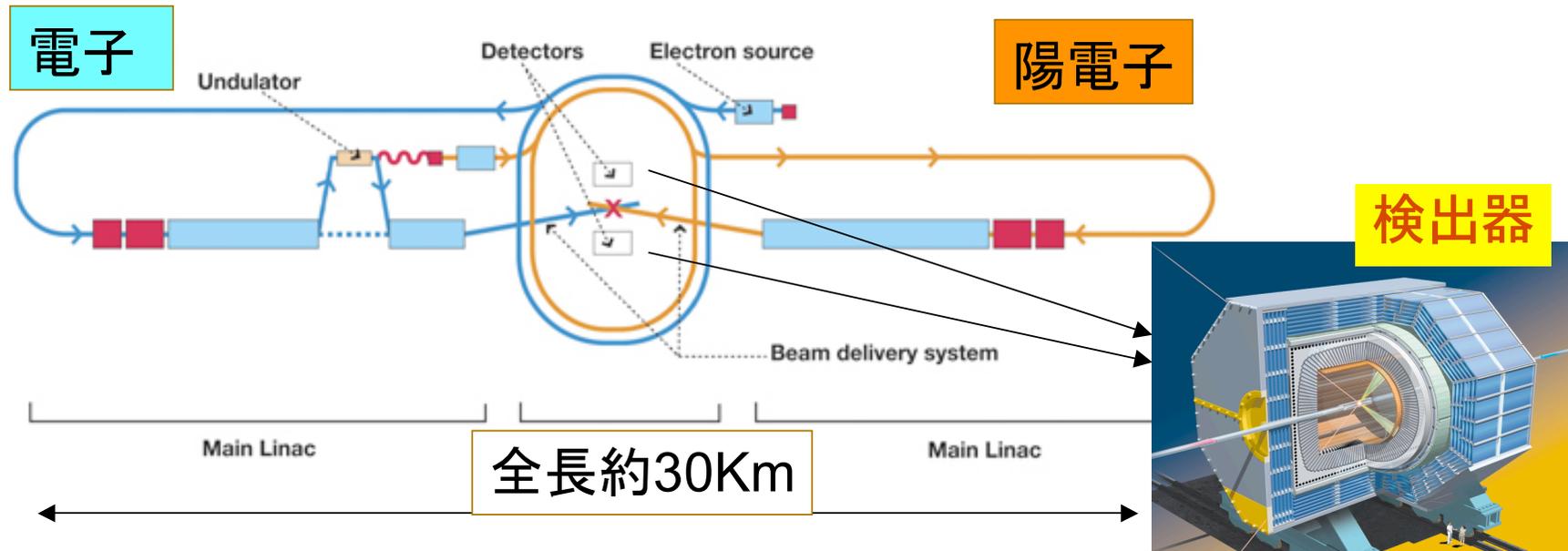
- 全ての素粒子に対しスピンの1/2異なる超対称粒子が存在
- →標準理論の諸問題を解決
  - ダークマターの候補がある
  - 3つの力の高いエネルギースケールにおける統一が可能。(大統一理論)



新しい理論を調べるには  
高いエネルギーが必要

# ILC計画

International Linear Collider (国際リニアコライダー)  
重心系1TeVという超高エネルギーの線形加速器



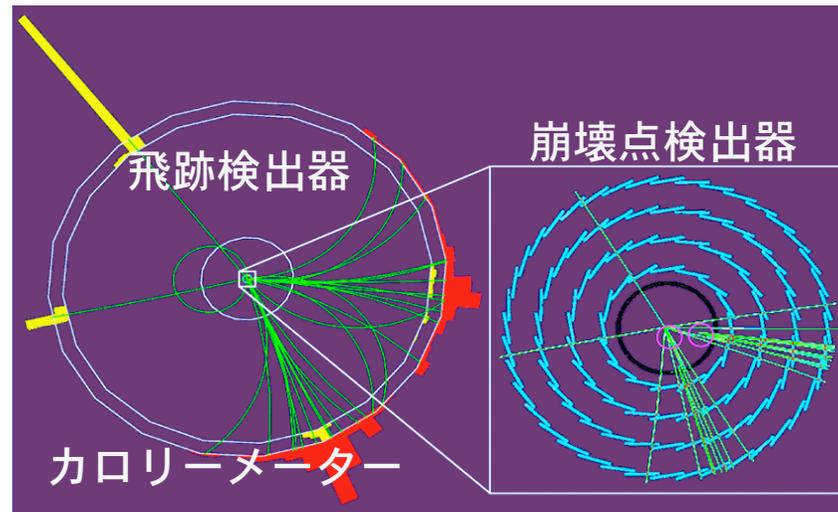
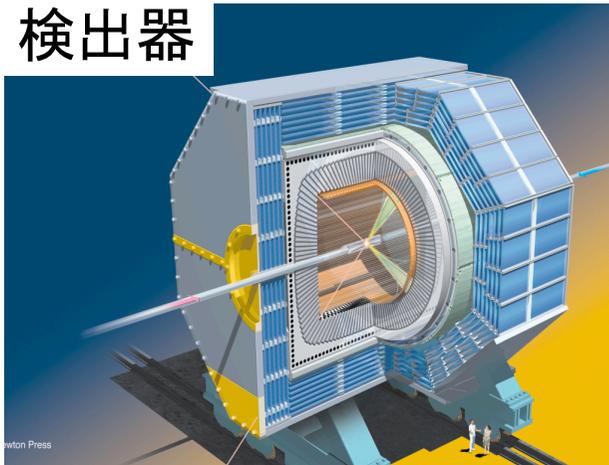
電子と陽電子を衝突させ、高いエネルギーで  
新しい物理を解明する！2019年実験開始予定。

# ILC実現に向けての研究

- 遠く離れた場所から加速される電子と陽電子を寸分の狂いなく正面衝突させる
- どんな起こった反応を正確にとらえる測定器
- 実験で得られた大量のデータの処理など多くの課題

→ILC実現に不可欠な、ビームプロファイルモニター、崩壊点検出器、GRIDなど装置のシミュレーション、開発研究

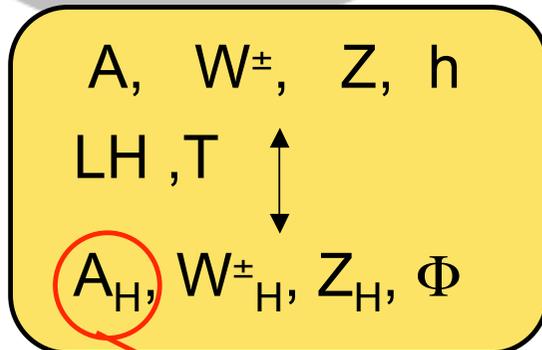
検出器



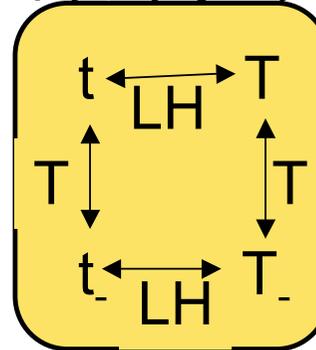
# 新しい理論のシミュレーション

- 理論の研究者と協力し、新理論のシミュレーション
- リトルヒッグス模型  
リトルヒッグスパートナー、Tパリティパートナー  
といった新しい粒子を導入

ゲージ粒子とヒッグス



トップクォーク



T: T-Parity partner  
LH: Little Higgs partner

ダークマターの候補

→標準理論の問題を解決

新粒子がある場合、ILCで精度よく測定できるかどうか研究

# ILCまとめ

- **超高エネルギー**の次世代型線形加速器
- 質量の起源である**ヒッグス粒子**の発見  
超対称性理論など標準理論を超える  
物理の探索が期待される
- ILCという巨大プロジェクトに不可欠な、  
様々な装置の開発やシミュレーションを  
行える

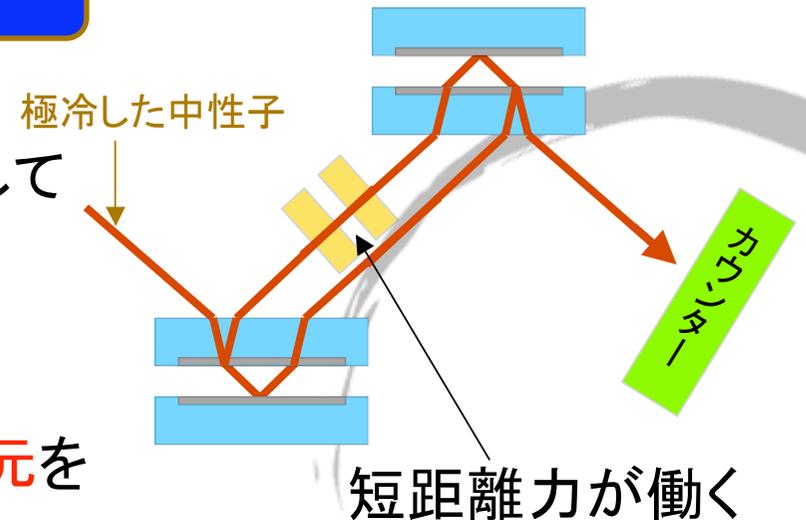
# 中性子干渉実験

- 様々な実験や理論が有効範囲が非常に短い相互作用、短距離力が存在する可能性を示唆  
→この新しい相互作用が存在すると、重力ポテンシャルが理論値からずれる

$$V(r) = -\frac{GMm}{r}(1 + \alpha e^{-r/\lambda})$$

極冷した中性子を用いて、短距離力ありとなしで干渉を起こしてその効果を測定。

うまく行けば加速器を使わずに新しい相互作用、さらには余剰次元を発見できるかも



# 加速器グループまとめ

- **Belle**: CPの非対称性を世界最高精度で研究
- **ILC**: ヒッグスや新理論を研究する超高エネルギーの加速器の開発
- **中性子**: 新しい相互作用を研究

「素粒子の本質」さらには宇宙の謎を探る実験

- 理論の知識、実験の知識の両方が身に付く
- 物理的大発見を直接実験で確かめられるかもしれない